

## **SISTEM CLUSTERING UNTUK EFISIENSI ENERGI PADA JARINGAN SENSOR NIRKABEL**

Aries Pratiarso, M. Zen Samsono Hadi, Samsul Arifin, Mas Ivan Haris R  
Prodi Teknik Telekomunikasi  
Politeknik Elektronika Negeri Surabaya  
Kampus PENS Keputih Sukolilo Surabaya 60111  
Telp (+62)31-5947280, 5946114, Fax. (+62)31-5946114  
Email: aries@eepis-its.edu, zenha@eepis-its.edu, musafi@ent.eepis-its.edu

### **Abstrak**

Saat ini, penelitian tentang jaringan sensor nirkabel menerima banyak perhatian karena menawarkan keuntungan dari pemantauan berbagai macam lingkungan dengan mendeteksi fenomena fisik. Jaringan sensor nirkabel terdiri atas sejumlah besar sensor node dimana setiap sensor node memiliki kemampuan untuk mengirim, menerima dan mendeteksi (melakukan proses sensor). Di sisi lain, sensor node memiliki kemampuan terbatas dalam hal kapasitas memori, bandwidth dan daya. Di antara berbagai isu, konsumsi energi menjadi perhatian banyak peneliti dikarenakan sensor node menggunakan baterai sebagai konsumsi dayanya. Pada penelitian ini dibandingkan kinerja protokol LEACH (distributed) dan LEACH-C (centralized), kedua protokol tersebut mendukung konsep clustering untuk menghemat daya baterai. Dari hasil pengujian, didapat bahwa unjuk kerja protokol LEACH-C lebih baik dari LEACH. Selain itu juga dilakukan pengujian dengan perangkat hardware yang sementara masih dilakukan proses kekuatan penyebaran daya dari sebuah sensor node hardware.

**Kata kunci :** Sensor node, Clustering, LEACH, LEACH-C

### **Abstract**

*Nowadays, researches related to wireless sensory networks receive much attention because it provides some advantages in various area through detecting the physical phenomena. Wireless sensory networks consist of number of sensor nodes. Each sensor node has the ability to send, receive and detect (to do the sensor process). In other side, the capability of a sensor node is limited in term of its memory, bandwidth and power capacity. Among the issues, the energy consumption has become the focus of many researchers because a sensor node uses a battery as its power consumption. This research compares the performance of LEACH protocol (distributed) and LEACH-C (centralized). Both protocols support clustering concept to save the battery power. The result of the test shows that the performance of LEACH-C protocol is better than that of LEACH. Furthermore, a test on hardware devices was also done, in which temporarily, it is still in the process of power distribution capability from a single hardware sensor node.*

**Keywords :** Sensor node, Clustering, LEACH, LEACH-C

### **PENDAHULUAN**

Jaringan sensor nirkabel (WSN) adalah salah satu jenis dari jaringan ad hoc, dimana node yang digunakan adalah *smart sensor*, yaitu sebuah perangkat kecil yang dilengkapi dengan fungsi penginderaan canggih (termal, tekanan dan sebagainya), prosesor dan *wireless transceiver*. Dengan sifat seperti itu, maka teknologi WSN banyak memberikan inspirasi dalam penerapan dan penggunaan untuk segala bidang, misalnya pendeteksian kebakaran, target *tracking*, monitoring kualiti-

tas air dan *traffic management*. Taka, *et al* (2013); Harun, *et al* (2013); dan Samsono, *et al* (2013).

Struktur jaringan pada WSN terbagi menjadi 3 bagian yaitu *flat-based*, *hierarchical-based* dan *location-based*, Heinzelman, *et al* (2002) dan Paul, *et al* (2011). Pada penelitian ini difokuskan pada *hierarchical-based* yang menggunakan konsep *clustering*, Taka, *et al* (2013), dimana *node* dalam *cluster* mengirimkan data ke *cluster head* dan *cluster head* kemudian me-neruskan data tersebut ke

*base station*. *Clustering* sangat berguna dalam skalabilitas jaringan serta penghematan energi. Sisi negatif dari struktur jaringan ini adalah disetiap *cluster* akan terjadi efek leher botol (*bottleneck*), ini karena hanya satu kepala berkomunikasi atas nama seluruh *cluster*, sehingga penurunan energi terbesar akan terjadi pada *cluster head* tersebut.

Algoritma *hierarchical clustering* yang paling banyak digunakan adalah LEACH (*Low-energy Adaptive Clustering Hierarchy*) dengan metode *distributed* dalam penentuan *cluster head*-nya dan LEACH-C (*Low-energy Adaptive Clustering Hierarchy-Centralized*) yang menggunakan metode ter-sentralisasi dalam penentuan *cluster head*-nya, Heinzelman, *et al* (2002).

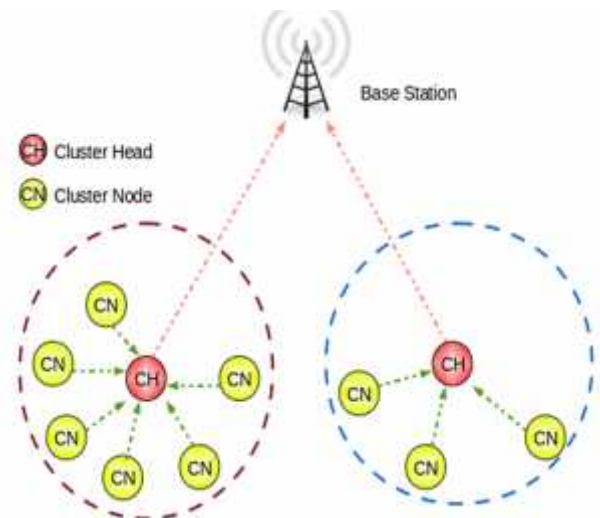
Penelitian ini bertujuan untuk menguji unjuk kerja dari kedua protokol di atas dengan beberapa parameter seperti jumlah *cluster head* yang optimal, jumlah node yang hidup selama selang waktu tertentu dan jumlah data yang diterima pada *base station*. Selain itu juga dibuat perangkat *hardware* untuk mengimplementasikan protokol tersebut, namun saat ini *hardware* tersebut masih dalam tahap pengujian *coverage* daya RSSI (*Received Signal Strength Indicator*).

### Arsitektur Protokol LEACH

*Low-energy Adaptive Clustering Hierarchy* (LEACH) *protocol* adalah *cluster-based protocol*, dimana jumlah *cluster head* dan *cluster member* yang dihasilkan menjadi parameter penting untuk mencapai kinerja yang lebih baik. Terdapat 2 fase dalam protokol LEACH yaitu *Setup Phase* dan *Steady Phase*.

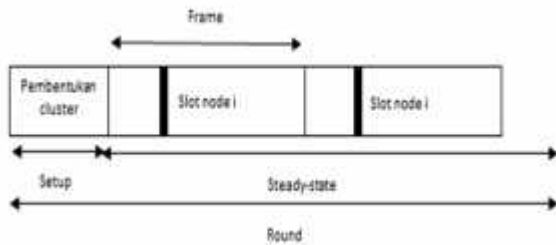
LEACH mengatur *node* dalam *cluster* dengan satu node dari setiap kelompok bertugas sebagai *cluster head* (CH). LEACH secara acak memilih beberapa jumlah *node* yang telah ditetapkan sebagai CH. CH kemudian mem-*broadcast* informasi tersebut ke semua node dan mengajak bergabung ke CH tersebut berdasarkan sinyal yang paling

kuat antara *node* dengan CH (CH yang terdekat dari *node*), dengan cara ini maka cluster tersebut terbentuk. CH kemudian membuat jadwal pengiriman data berbasis *Time Division Multiple Access* (TDMA) untuk node-node yang menjadi anggotanya. Komunikasi antara cluster yang berbeda dilakukan melalui CH dengan cara *Code Division Multiple Access* (CDMA). Tahapan di atas dinamakan *Setup Phase*. Pada tahapan *Steady Phase*, setelah proses pembentukan node dan pemilihan *cluster head* serta *cluster member* selanjutnya node yang telah terpilih mengirimkan datanya baik dari *cluster member* ke *cluster head* maupun dari *cluster head* ke *base station*. Ketika node mengirimkan data dari *cluster member* ke *cluster head* maka telah diatur oleh *cluster head* data yang dikirim sesuai slot yang telah disediakan. Durasi setiap slot pengiriman data setiap node adalah konstan, jadi waktu pengiriman data bergantung jumlah node pada *cluster member* pada *cluster* tersebut. Pada fase *steady*, *cluster head* harus selalu hidup. Berikut adalah gambar pembentukan cluster pada protokol LEACH :



Gambar 1. Skema WSN dengan Algoritma LEACH

Sedangkan untuk fase pada protokol LEACH dapat dilihat pada gambar 2.



Gambar 2. Fase pada LEACH Algoritma

Untuk penentuan sebagai *cluster head* pada *setup phase* maka digunakan rumus sebagai berikut :

$$T(i) = \begin{cases} \frac{P}{d \cdot 1 - p \left( r \bmod \left( \frac{1}{p} \right) \right)} & \text{if } i \in C \\ \text{lainnya} & \end{cases} \dots\dots\dots (1)$$

Dimana  $p$  adalah persentase CH yang diinginkan,  $r$  adalah jumlah putaran pembentukan *cluster* yang telah terjadi, dan  $c$  adalah jumlah *node* yang belum menjadi CH dalam  $1/p$  putaran.

### Arsitektur Protokol LEACH-C

Dari berbagai keuntungan menggunakan protokol *LEACH* yang berbasis pada algoritma pembentukan *cluster* yang terdistribusi, protokol ini tidak memberi solusi secara optimal untuk penempatan dan jumlah dari *cluster head*. Karena *cluster* adalah *adaptive*, maka pembentukan *clustering* yang tidak optimal selama fase *setup* tidak memberikan efek yang besar pada unjuk kerja jaringan. Bagaimanapun, algoritma pengontrolan yang terpusat untuk membentuk *cluster* akan menghasilkan *cluster* dengan penyebaran *cluster head* yang merata ke seluruh jaringan. Ini adalah dasar dari *LEACH-centralized* (*LEACH-C*), sebuah protokol yang menggunakan algoritma *clustering* secara terpusat dan memiliki proses *steady* yang sama dengan protokol *LEACH*.

Selama fase *setup* dari *LEACH-C*, masing-masing *node* mengirim informasi lokasi-nya (bisa digunakan *GPS receiver*) dan ener-

gi level ke *base station*. Dalam penentuan *cluster* yang optimal, *base station* memastikan bahwa beban energi terdistribusi ke semua *node*. Untuk melakukan hal ini, maka *base station* menghitung rata-rata energi *node*, dan memutuskan jika terdapat *node* yang memiliki energi dibawah rata-rata maka *node* tersebut tidak dapat menjadi *cluster head*. Dari sisa *node* yang berkemungkinan menjadi *cluster head*, *base station* mencari *cluster* menggunakan algoritma *simulated annealing* untuk mendapatkan *cluster* yang optimal. Algoritma ini meminimalkan jumlah energi pada *node* selain *cluster head* sewaktu mengirim data ke *cluster head*, dengan cara meminimalkan jumlah *sum of squared distance* diantara semua *node* selain *cluster head* dengan *cluster head* yang terdekat.

Jika *cluster head* dan *cluster member* yang bergabung dengannya sudah ditemukan, maka *base station* mem-broadcast pesan yang berisi *ID cluster head* untuk masing-masing *node*. Jika *ID cluster head* sesuai dengan *ID node* tersebut, maka *node* tersebut adalah *cluster head*, sebaliknya *node* akan menentukan *TDMA slot* untuk transmisi data dan kemudian ke kondisi *sleep* sampai waktunya untuk mengirim data. Fase *steady* dari *LEACH-C* identik dengan *LEACH*.

### METODE PENELITIAN

Pada tahap ini akan dijelaskan diagram blok yang digunakan dalam penelitian ini. Dalam diagram blok berikut akan dijelaskan proses pembuatan protokol *LEACH* dan *LEACH-C* menggunakan *Network Simulator* (NS-2) dan memproses hasilnya dengan *matlab*.

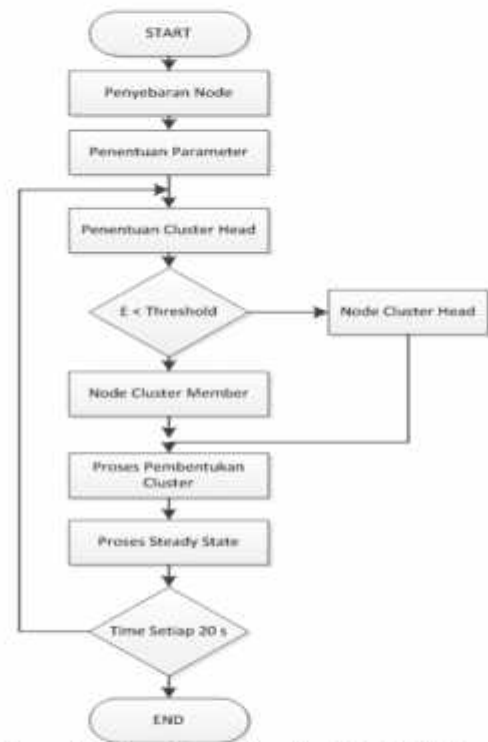
Pada diagram blok Gambar 3 proses pertama yang akan dilakukan adalah pembentukan file *LEACH*, dalam hal ini pembentukan file *LEACH* meliputi beberapa parameter yang dimasukkan. Beberapa parameter yang dimasukkan antara lain *node* yang digunakan adalah sebanyak 100 *node* yang nantinya untuk pembentukan *cluster*

per *cluster head* diatur secara random begitu juga untuk *cluster member*-nya. Selain informasi tentang *node*, parameter yang digunakan adalah skenario yang meliputi letak setiap *node* dan *coverage area*. Selanjutnya parameter tersebut digunakan untuk melakukan simulasi pada NS2 dan menganalisisnya dengan menggunakan MATLAB. Untuk protokol LEACH-C juga menggunakan diagram blok yang sama seperti gambar 3 di bawah.



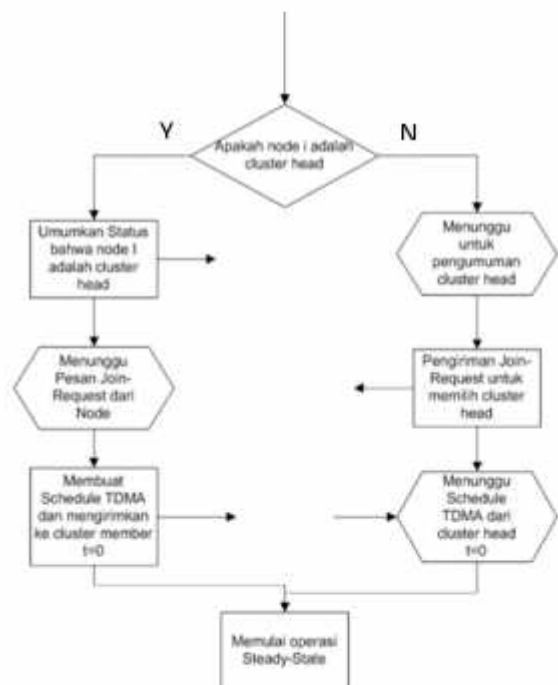
Gambar 3. Flowchart perancangan sistem

Untuk membentuk *cluster*, baik untuk *cluster head* dan *cluster member* dapat menggunakan *flowchart* pada gambar 4. Pada *flowchart* tersebut, 100 *node* disebar secara random ke area 100 x 100m, kemudian ditentukan beberapa parameter terkait seperti jumlah *cluster head*, initial energi pancar dan terima serta peletakan *base station* diposisi (50,50). Proses berikutnya adalah penentuan *cluster head* (jika pada LEACH akan ditentukan *threshold*, persamaan 1, sebagai batas untuk menjadi *cluster head*), setelah itu baru memasuki pembentukan *cluster* dan proses *fase steady* untuk pengiriman data sensor.



Gambar 4. Flowchart simulasi LEACH pada NS2

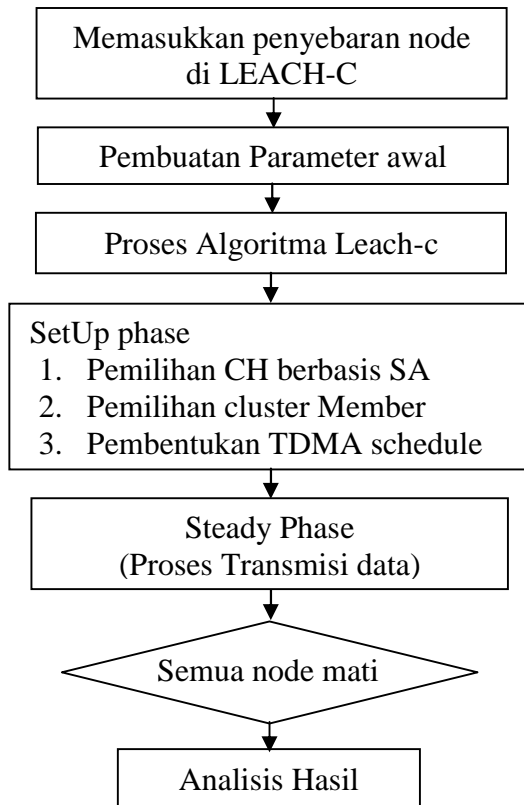
Sedangkan untuk gambar 5 menunjukkan *flowchart* pembentukan *cluster* untuk protokol LEACH.



Gambar 5. Flowchart pembentukan cluster

Pada gambar 5 adalah proses pada protokol LEACH pada fase setup dimana setelah sebuah node terpilih menjadi cluster head maka node tersebut mengumumkannya kepada node lainnya untuk bergabung dengannya.

Sedangkan untuk protokol LEACH-C, prosesnya adalah sebagai berikut :



Gambar 6. Flowchart protokol LEACH-C

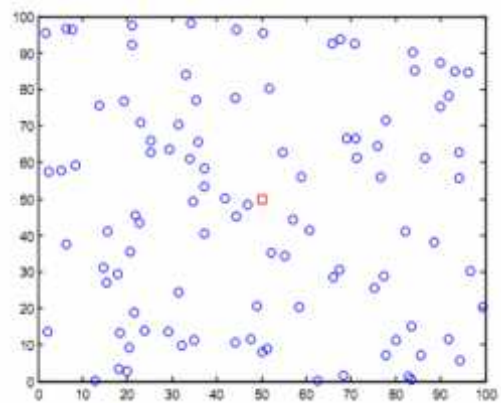
Perbedaan dengan LEACH hanya pada proses setup dimana pemilihan *cluster head* dilakukan oleh *base station* dengan *algoritma simulated annealing* (SA).

### Hasil Pengujian

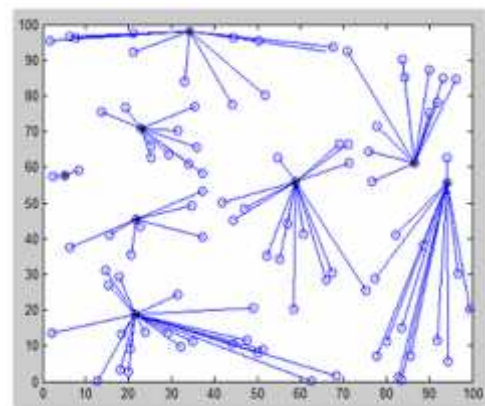
Setelah simulasi berhasil dilakukan, maka dilakukan pengujian untuk membandingkan unjuk kerja protokol LEACH dan LEACH-C. Pada gambar 7 adalah hasil penyebaran *node* sedangkan pada gambar 8 adalah proses *clustering* dari fase setup dan *steady* untuk protokol LEACH dan untuk protokol LEACH-C pada gambar 9. Protokol

LEACH-C menghasilkan proses clustering yang lebih optimal daripada LEACH. Pengujian yang dilakukan meliputi:

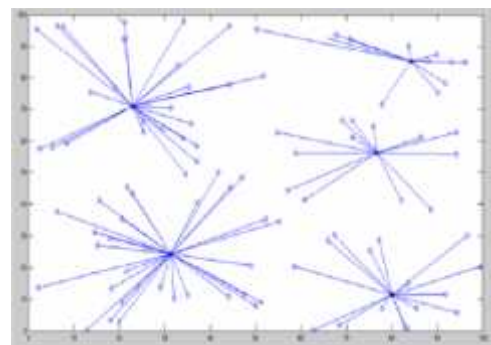
- Jumlah cluster head yang optimal
- Jumlah node yang hidup selama interval waktu tertentu
- Jumlah data yang diterima di *base station*



Gambar 7. Penyebaran 100 node di area 100 x 100 m

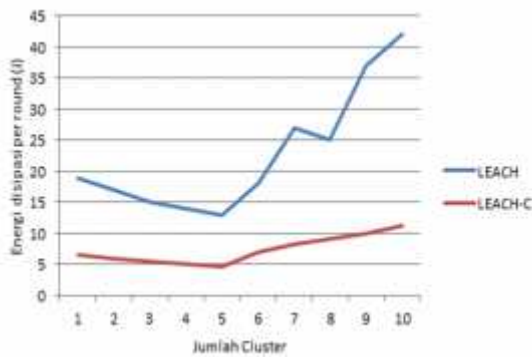


Gambar 8. Proses Clustering Protokol LEACH



Gambar 8. Proses Clustering Protokol LEACH-C

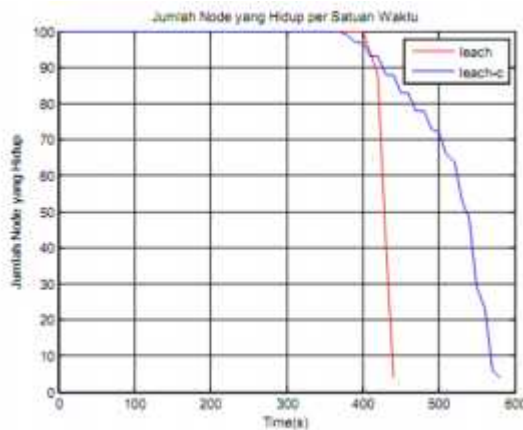




Gambar 10. Rata-rata energi disipasi per round pada protokol LEACH dan LEACH-C

Pada percobaan di atas, terlihat bahwa jumlah *cluster* yang menghasilkan energi yang paling efisien adalah sebanyak 5 *cluster* baik pada protokol LEACH maupun LEACH-C. Pada protokol LEACH-C selama proses pembentukan *cluster* pada setiap round akan stabil dengan 5 cluster (5% dari jumlah node), hal ini berbeda dengan protokol LEACH yang fluktuatif di sekitar 5, ini dikarenakan sifatnya yang *distributed*.

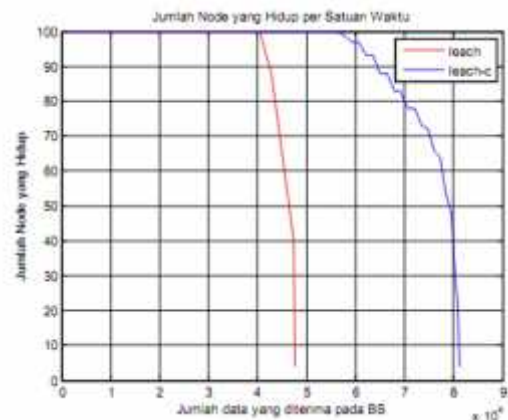
Berikut adalah perbandingan jumlah *node* yang hidup selama rentang waktu tertentu.



Gambar 11. Perbandingan total *node* yang hidup dengan waktu

Dari hasil pengujian di atas, terlihat bahwa LEACH-C lebih superior dari pada protokol LEACH, hal ini dikarenakan proses penentuan *cluster head* dilakukan oleh *base station* sehingga lebih menghemat energi di sisi *node*.

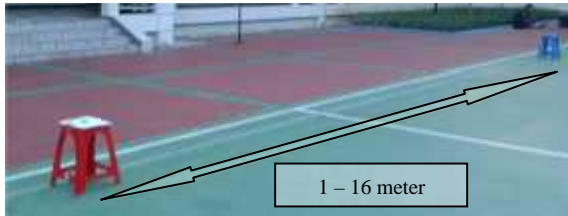
Untuk pengujian terhadap jumlah data yang diterima pada base station dapat dilihat pada gambar 12. Pada protokol LEACH-C, jumlah data yang dikirim ke base station lebih banyak daripada protokol LEACH. Hal ini berhubungan dengan pengujian sebelumnya bahwa superioritas LEACH-C disebabkan karena proses *clustering* di LEACH-C sehingga node cukup mengirim level sinyal RSSI dan level baterainya ke *base station*. Semua proses penentuan *cluster head* kemudian dilakukan di base station. Hal ini berbeda dengan protokol LEACH dimana proses penentuan *cluster head* diproses oleh node itu sendiri, tentunya akan menghabiskan energi yang dipunyai masing-masing *node*.



Gambar 12. Perbandingan total *node* yang hidup dengan jumlah data yang diterima pada BS

Selain pengujian menggunakan simulasi di atas, juga dibuat *node hardware* berbasis Xbee pro. Pada penelitian ini masih dalam pembuatan *hardware*nya dan belum mengimplementasikan algoritma berbasis LEACH /LEACH-C. Pengujian dilakukan untuk mengetahui coverage area dari sebuah *node* tersebut. Pengujian dilakukan pada kondisi lingkungan *free space loss* dengan jarak awal antara penigirim dan penerima sejauh 1 meter dengan penambahan step per 1 meter, pengujian dilakukan hingga jarak maksimal atau *gateway* tidak dapat menangkap hasil pengiriman *node* sejauh 25 meter (ter-

gantungan luas area pengujian) untuk lingkungan *free space loss*.



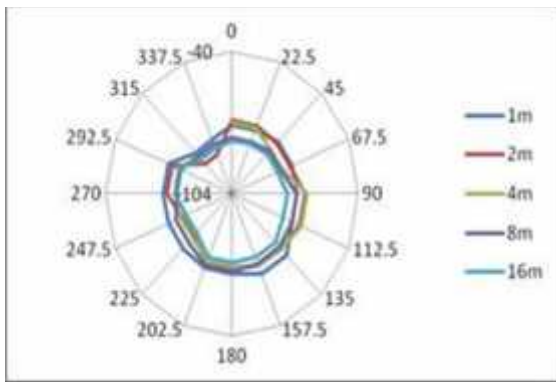
Gambar 13. Pengujian *node singlehop* terhadap jarak



Gambar 14. (a) *Gateway* menghadap *node*  
(b) *Node* diputar dengan step  $45^\circ$

Pengujian pada penelitian ini diberi sudut-sudut untuk menentukan sudut *node* tersebut dengan  $0^\circ$  ( $0$  derajat) menghadap ke *gateway* atau saling berhadapan.

*Node* akan diputar  $360^\circ$  dengan step  $45^\circ$  dan jarak sesuai dengan tempat pengukuran yaitu lapangan basket gedung d4 PENS sehingga didapat nilai RSSI pada setiap sudut dengan jarak yang telah ditentukan dalam satuan (dBm).



Gambar 15. Grafik hasil RSSI terhadap jarak

Untuk posisi *node* pada setiap jarak tidak terlalu berpengaruh pada kuat sinyal yang diterima oleh *gateway* namun nilai RSSI

berpengaruh pada jarak antar *node* dan *gateway* yang mana semakin jauh *node* mengirimkan data hasil pembacaan sensor suhu dan cahaya maka nilai RSSI yang didapat semakin kecil. Nilai RSSI pada *software* XCTU memiliki range yaitu  $-40$  dBm sampai  $-104$  dBm.

Dari gambar 15 dapat ditampilkan hasil RSSI pada grafik terhadap sudut kepada jarak pengukuran dimana sudut penempatan *node* terhadap *gateway* tidak terlalu banyak mempengaruhi hasil RSSI yang didapat saat pengujian. RSSI lebih berpengaruh kepada jarak pengukuran atau jarak antara *node* dan *gateway*.

Jarak yang *node* dengan *gateway* yang dapat diterima oleh *gateway* pada pengujian ini didapat jarak maximal 18 meter dengan data RSSI pada sudut  $45^\circ$  dan  $90^\circ$  tidak mendapatkan hasil RSSI pada jarak 18 meter, sehingga jarak 19 meter sudah tidak lagi data dapat diterima oleh *gateway*.

## Kesimpulan

Berdasarkan dari hasil pengujian dan analisa sistem perangkat pada penelitian ini diperoleh beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Jumlah *cluster* yang optimal, ditinjau dari rata-rata energi setiap putaran, baik untuk protokol LEACH dan LEACH-C adalah sebanyak 5% dari jumlah *node*.
2. Pada jumlah *node* yang hidup selama interval waktu tertentu, protokol LEACH-C lebih baik daripada LEACH.
3. Untuk banyaknya data yang dikirim ke *base station* selama interval waktu tertentu, protokol LEACH-C juga lebih baik.
4. LEACH-C lebih dominan dikarenakan proses penentuan *cluster head* untuk *clustering* ditentukan oleh *base station* (*centralized*) sehingga menghemat energi dari masing-masing *node*.
5. Untuk *hardware* yang sudah dibuat, didapatkan *coverage area* dari sebuah *node* dengan memutar *node*  $360^\circ$  tidak memberi efek yang signifikan.

## DAFTAR PUSTAKA

- Hadi.M.Z,S., Adi S.N., Taufiqurrahman (2013) Sistem Monitoring Kecelakaan Mobil Pada Jaringan Vanet Menggunakan Sistem Komunikasi Multi-Hop, *Proceeding of Sentia (Seminar Nasional Teknologi Informasi dan Aplikasinya)*, Politeknik Negeri Malang.
- Harun,M.U.A, Saputra, F.A., Hadi.M.Z,S., Fahmi,A (2013) Beacon-Enabled IEEE 802.15.4 Wireless Sensor Network Performance, *IEEE International Conference on Communications, Network and Satellite (COMNETSAT)*, Yogyakarta 2013.
- Heinzelman,W.,Chandrakasan, A., and Balakrishnan, H. (2002) An application specific protocol architecture for wireless micro-sensor networks, *IEEE Trans. Wirel. Commun.*, Vol. 1, No. 4, pp. 660–670.
- Paul, S., and Sao,N (2011) An Energy Efficient Hybrid Node Scheduling Scheme in Cluster Based Wireless Sensor Networks, *Proceedings of the World Congress on Engineering (WCE)*, Vol. 2, pp. 1775-1779.
- Taka, H., Ueahara, H., dan Ohira,T (2013) Energy-Efficiency of Sensor Networks in Terms of Network Topology, *IEICE Trans. Commun.*, Vol.J96-B, No.07, pp. 680-689.